

Estimativa de evento na marcha a partir de sensores inerciais

D. C. Miraldo, R. N. Watanabe e M. Duarte

Laboratório de Biomecânica e Controle Motor, Universidade Federal do ABC, São Bernardo do Campo, Brasil

e-mail: desiree.miraldo@aluno.ufabc.edu.br

Introdução: A identificação de eventos da marcha, como contato inicial e pré-balanço, é essencial para determinar as fases do ciclo da marcha, auxiliando em sua avaliação clínica. A identificação da fase de pré-balanço pode ser útil, por exemplo, no desenvolvimento de órteses para pessoas incapazes de realizar a dorsiflexão do tornozelo. Diferentes sensores podem ser usados para este fim, como por exemplo, sensores de força e sensores inerciais [1]. No entanto, pelo conhecimento dos autores, nenhum trabalho reportou quais sinais de um sensor inercial melhor estimam o instante do pré-balanço. Este trabalho, ainda não finalizado, tem por objetivo determinar quais são os melhores sinais de um sensor inercial que podem ser usados para identificar o evento de pré-balanço na marcha.

Materiais e Métodos: Foram captados sinais tridimensionais de aceleração linear e velocidade angular da perna de um voluntário andando sobre uma esteira instrumentada com duas plataformas de força (Bertec Inc., EUA). As aquisições foram feitas durante 60 s, nas condições descalça e com tênis, com um sensor inercial composto por acelerômetro e giroscópio triaxiais (Trigno Mobile, Delsys) colocado no terço proximal da perna. Os dados referentes às duas condições foram divididos em 44 segmentos com 2,73 s. Para a identificação dos instantes de pré-balanço utilizaram-se nove sinais: aceleração linear resultante e nas três direções cartesianas, velocidade angular resultante e nas três direções, e um valor constante (para facilitar o ajuste aos sinais com média diferente de zero). Foram calculadas combinações lineares das 511 combinações possíveis entre os sinais coletados. Os coeficientes das combinações lineares foram obtidos pelo método de mínimos quadrados para que se aproximassem de janelas gaussianas centradas em 50 ms antes da fase de pré-balanço, com desvio padrão de 16,67 ms (Fig. 1-A superior em vermelho). O pré-balanço foi identificado pela detecção dos picos em cada combinação linear. O padrão ouro dos instantes de pré-balanço foi obtido por inspeção visual dos dados de força vertical da esteira (Fig. 1-A superior em cinza). O algoritmo foi treinado com 12 segmentos, selecionados aleatoriamente, e testado com os 32 restantes.

Resultados: Após a identificação dos eventos em cada um dos segmentos de teste, traçou-se a curva ROC para cada combinação (Fig. 1-B). O índice 1 indica o uso apenas do sinal de aceleração resultante, enquanto o índice 511 indica a combinação linear dos nove sinais. A combinação linear dos sinais de aceleração linear resultante e nas direções ântero-posterior e médio-lateral e de velocidade angular resultante e nas três direções obteve melhores resultados, apresentando a maior área sob a curva (0,9085). A Fig. 1-A mostra em azul esta combinação linear. As linhas pontilhadas indicam os instantes identificados.

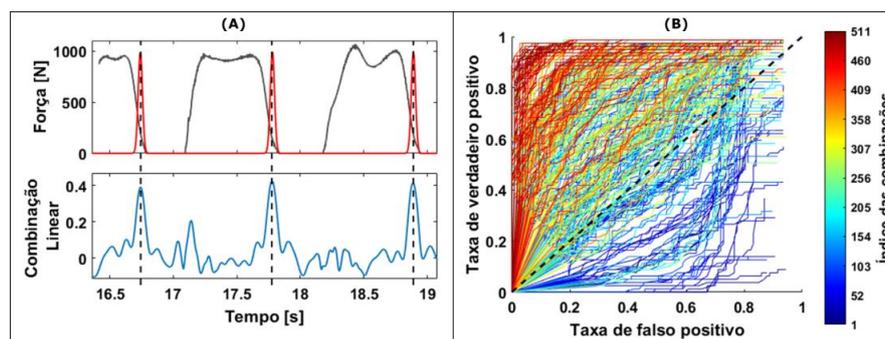


Figura 1. (A) Exemplo de sinal da esteira e janelas gaussianas utilizadas (superior) e combinação linear com o melhor resultado (inferior) (B) Curvas ROC para as combinações. Cada cor representa uma combinação.

Conclusão: O valor da área sob a curva ROC da melhor combinação mostra que a utilização do método proposto é factível para a identificação do evento de pré-balanço. Combinações usando mais variáveis apresentaram melhor desempenho na identificação dos eventos, o que mostra a importância de considerar os diversos sinais do sensor inercial na estimativa do instante do pré-balanço.

Referências: [1] Rueterbories J, et al. Methods for gait event detection and analysis in ambulatory systems. Med Eng Phys 2010; 32(6): 545-552.